

PALAKAV UND PULPA

Jürgen Braun-Himmerich

1972

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

PALAKAV UND PULPA

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

Jürgen Braun-Himmerich
aus Heidelberg

Mainz 1972

Dekan : Professor Dr. A. Mayet

Referent : Professor Dr. Dr. W. Ketterl

Tag der mündlichen Prüfung : 14.7.1972



gesamtherstellung
ditters bürodienst
mainz

1. Einleitung	1
2. Die Kindheit	1
3. Die Jugend	1
4. Die ersten Jahre	1
5. Die ersten Jahre	1
6. Die ersten Jahre	1
7. Die ersten Jahre	1
8. Die ersten Jahre	1
9. Die ersten Jahre	1
10. Die ersten Jahre	1
11. Die ersten Jahre	1
12. Die ersten Jahre	1
13. Die ersten Jahre	1
14. Die ersten Jahre	1
15. Die ersten Jahre	1
16. Die ersten Jahre	1
17. Die ersten Jahre	1
18. Die ersten Jahre	1
19. Die ersten Jahre	1
20. Die ersten Jahre	1
21. Die ersten Jahre	1
22. Die ersten Jahre	1
23. Die ersten Jahre	1
24. Die ersten Jahre	1
25. Die ersten Jahre	1
26. Die ersten Jahre	1
27. Die ersten Jahre	1
28. Die ersten Jahre	1
29. Die ersten Jahre	1
30. Die ersten Jahre	1
31. Die ersten Jahre	1
32. Die ersten Jahre	1
33. Die ersten Jahre	1
34. Die ersten Jahre	1
35. Die ersten Jahre	1
36. Die ersten Jahre	1
37. Die ersten Jahre	1
38. Die ersten Jahre	1
39. Die ersten Jahre	1
40. Die ersten Jahre	1
41. Die ersten Jahre	1
42. Die ersten Jahre	1
43. Die ersten Jahre	1
44. Die ersten Jahre	1
45. Die ersten Jahre	1
46. Die ersten Jahre	1
47. Die ersten Jahre	1
48. Die ersten Jahre	1
49. Die ersten Jahre	1
50. Die ersten Jahre	1
51. Die ersten Jahre	1
52. Die ersten Jahre	1
53. Die ersten Jahre	1
54. Die ersten Jahre	1
55. Die ersten Jahre	1
56. Die ersten Jahre	1
57. Die ersten Jahre	1
58. Die ersten Jahre	1
59. Die ersten Jahre	1
60. Die ersten Jahre	1
61. Die ersten Jahre	1
62. Die ersten Jahre	1
63. Die ersten Jahre	1
64. Die ersten Jahre	1
65. Die ersten Jahre	1
66. Die ersten Jahre	1
67. Die ersten Jahre	1
68. Die ersten Jahre	1
69. Die ersten Jahre	1
70. Die ersten Jahre	1
71. Die ersten Jahre	1
72. Die ersten Jahre	1
73. Die ersten Jahre	1
74. Die ersten Jahre	1
75. Die ersten Jahre	1
76. Die ersten Jahre	1
77. Die ersten Jahre	1
78. Die ersten Jahre	1
79. Die ersten Jahre	1
80. Die ersten Jahre	1
81. Die ersten Jahre	1
82. Die ersten Jahre	1
83. Die ersten Jahre	1
84. Die ersten Jahre	1
85. Die ersten Jahre	1
86. Die ersten Jahre	1
87. Die ersten Jahre	1
88. Die ersten Jahre	1
89. Die ersten Jahre	1
90. Die ersten Jahre	1
91. Die ersten Jahre	1
92. Die ersten Jahre	1
93. Die ersten Jahre	1
94. Die ersten Jahre	1
95. Die ersten Jahre	1
96. Die ersten Jahre	1
97. Die ersten Jahre	1
98. Die ersten Jahre	1
99. Die ersten Jahre	1
100. Die ersten Jahre	1

Meinen lieben Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Einleitung	1
1. Das Füllungsmaterial PALAKAV	2
a) Die Entwicklung	2
b) Der heutige Stand	3
2. Untersuchungen zur Pulpenverträglichkeit	5
a) Der Kunststoffe als Füllungsmaterialien allgemein	5
b) Des PALAKAV's	8
3. Eigene Untersuchungen	12
a) Auswahl der Patienten	12
b) Durchführung der Versuche	12
c) Durchführung der histologischen Untersuchungen	13
d) Einzeldarstellung der Fälle	17
4. Kritische Betrachtung	27
a) Die Kavitätieftiefe	27
b) Die Hyperämie	27
c) Kavitätieftiefe und Hyperämie	29
d) Regressive Veränderungen	31
e) Entzündliche Veränderungen	31
f) Der Bewertungsmaßstab	32
g) Gesamtreaktion der Pulpa	34
h) Auswertung	34
i) Schlußfolgerungen	36
5. Zusammenfassung	37
6. Literaturverzeichnis	39

EINLEITUNG

Trotz größter Anstrengungen der Forschung ist es bisher nicht gelungen, das etwa seit 100 Jahren in der Zahnheilkunde verwendete Amalgam aus seiner dominierenden Stellung als Zahnfüllungsmaterial durch einen anderen Füllstoff zu verdrängen. Dabei zeigen die bis heute andauernden Verbesserungsversuche, daß die an ein Füllungsmaterial zu stellenden Forderungen von den Amalgamen bisher anscheinend auch nicht erfüllt werden.

So zeigen Untersuchungen (WANNEMACHER 28), daß bei 60% lege artis mit Amalgamfüllungen versorgter Zähne nach einer Liegedauer von 3 - 5 Jahren mit dem Auftreten von Sekundärkaries zu rechnen ist. Die gleiche Untersuchung ergab für die als besonders hochwertig angesehene Goldgußfüllung ein Kariesrezidiv von 21%. Die Lebensdauer einer Silikatzementfüllung wird von COY (3) mit nur durchschnittlich 4,5 Jahren angegeben.

Angesichts dieser schwerwiegenden Nachteile der klassischen Füllungsmaterialien stellt SCHRÖDER (25) folgende Kriterien an neue Materialien:

1. höhere, dem besonderen Zweck der Kavitätenfüllung entsprechende physikalische und chemische Werte
2. Haftung an den Zahnsubstanzen
3. biologische Verträglichkeit
4. vereinfachte und gleichzeitig exaktere Verarbeitungsmöglichkeit.

Das von der Firma KULZER auf den Markt gebrachte neuartige Kunststoff-Füllungsmaterial PALAKAV erfüllt mit seinem Haftvermögen am Dentin eine auch von FISCHER (6) erhobene wichtige Forderung. Diese Eigenschaft bedingt jedoch eine absolute biologische Verträglichkeit des Materials, da eine sonst notwendige pulpaschützende Unterfüllung die haftfähige Dentinfläche verkleinern und somit einen wesentlichen Vorteil des neuen Materials wieder aufheben würde.

Es ist daher Ziel dieser Arbeit, zu untersuchen, welche Einwirkungen von dem Kunststoff-Füllungsmaterial Palakav auf die menschliche Pulpa zu erwarten sind.

1. DAS FÜLLUNGSMATERIAL PALAKAV

a) Die Entwicklung

Als nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges in Amerika die ersten Methacrylat-Kunststoffe für Zahnfüllungen auf den Markt kamen, schien sich eine neue Ära für die konservierende Zahnheilkunde zu eröffnen. Doch es zeigte sich bald, daß einigen Vorteilen wie leichter Verarbeitung und teilweise besseren physikalischen Werten eine Reihe von gravierenden Nachteilen gegenüberstanden. Neben der schwerwiegenden Pulpaschädigung sind hierbei noch die mangelnde Haftung, die unzureichende Farbbeständigkeit und der schlechte Randschluß zu erwähnen. Die nach den hochgespannten Erwartungen um so tiefere Enttäuschung läßt daraufhin den Kunststoff für lange Zeit fast völlig verschwinden.

Noch 1965 läßt PANTKE den selbsthärtenden Kunststoff nur dort gelten, "wo andere Materialien aus materialbedingten, kosmetischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht angezeigt sind". An anderer Stelle schränkt er die Indikation auf Mundatmer und Patienten mit Xerostomie ein (6, 15).

Dagegen sah FISCHER zwar die grundsätzlichen Nachteile der Autopolymerisate, insbesondere die Gefahr der Pulpaschädigung bei fehlender Unterfüllung (4), aber er wies stets auf die Möglichkeiten einer grundsätzlich neuen Weiterentwicklung hin (5). Eine seiner Hauptforderungen an einen neuen Kunststoff war das Haftvermögen an die Kavitätenwände (6).

Zwar wurde schon 1952 von KRAMER und McLEAN (14) sowie von KRAMER und LEE (15) auf glycerinphosphorsaure Dimethacrylate, die evtl. eine chemische Verbindung mit dem Dentin eingehen können, hingewiesen und als Grundlage für das Adhäsiv des Autopolymerisates SEVRITON verwandt. Nachuntersuchungen von MASUHARA (20) zeigten jedoch, daß die erhoffte Bindung von Dentin und Kunststoff nicht zustandekommt.

Zu den gleichen negativen Ergebnissen führten Untersuchungen über das von BOWEN (1) angegebene N-Phenylglycin-Glycid-Methacrylat in alkoholischer

Lösung, das eine Chelatbindung mit dem Kalzium des Schmelzes eingehen kann. MASUHARA (20) zeigte, daß die Haftung bei Lagerung im Wasser nur ca. 60 Tage anhält und die Wirkung des Haftvermittlers schon nach kurzer Lagerzeit nachläßt. Erst durch Zugabe eines borhaltigen Katalysatorsystems, dem Tri-n-butylboran (TBB), angegeben von MASUHARA, KOJIMA und KIMURA (20), gelingt es, eine feste chemische Verbindung zwischen Dentin und dem Methylmethacrylauto-polymerisat herzustellen.

Auf Grund dieser Erkenntnisse wurde von der Firma KULZER das Kunststoff-Füllungs-material PALAKAV erarbeitet und umfangreichen technischen und klinischen Prüfungen unterworfen.

b) Der heutige Entwicklungsstand

PALAKAV gehört wie andere neuere Kunststoff-Füllungsmaterialien zu der Gruppe der sogenannten "composites". Es handelt sich hierbei um Mischungen aus organischen (Kunststoff) und anorganischen Substanzen (keramische Füllstoffe), wobei letztere hauptsächlich die Aufgabe haben, die physikalischen Eigenschaften der neuen Materialien zu verbessern.

So konnte z.B. die thermische Expansion, die bei reinem Kunststoff etwa zehnmal stärker als beim Zahn ist (COY,3), wesentlich gesenkt werden, sie ist aber noch immer dreimal größer als die des Zahnes (FISCHER, 8).

Darüber hinaus konnten auch die Werte für Druck- und Zugfestigkeit, Elastizitätsmodul, Härte und die Polymerisationschrumpfung wesentlich verbessert werden (SCHRÖDER, 25). Im Gegensatz zu den nach der modifizierten BOWEN-Formel hergestellten Kunststoffen (ADAPTIC, ADDENT, BLENDANT u.a.), die an Stelle des bisher üblichen Monomers einen Vernetzer, das Bisphenol A, benutzen, wird bei Palakav dem normalen Methacrylat-Monomer das von MASUHARA entwickelte Tri-n-butylboran zugegeben, das eine feste chemische Verbindung des Kunststoffes mit dem Dentin ermöglicht. Nach MASUHARA (21) handelt es sich dabei wahrscheinlich um eine Pfropfpolymerisation, wobei neu entstehende Polymerketten an eine schon vorhandene polymere Grundkette als Seitenäste angegliedert werden.

Dieser Vorgang setzt an der Phasengrenzfläche zum natürlich feuchten Dentin ein, worauf in erster Linie die bisher beobachtete Pulpenverträglichkeit zurückzuführen sein dürfte. Anscheinend stellt die sich zuerst an der Phasengrenzfläche bildende Polymerschicht eine Barriere dar, welche die Monomerwirkung in Richtung Pulpa zeitlich verkürzt und quantitativ verringert (STRASSBURG und KNOLLE). Als weiterhin schützender Faktor kommt die Borsäure in Frage, ein unbedenkliches, mildes Adstringens der Medizin (26).

Während die chemische Verbindung bei dem ersten Versuchsprodukt von KULZER, dem F_1 , nur im feuchten Milieu möglich war, fällt diese Einschränkung bei dem weiterentwickelten F_{68} , das auch bei unseren Versuchen benutzt wurde, weg. Wegen Schwierigkeiten im Gebrauch von fertig dosierten Kapseln wurde PALAKAV bisher nur in einer von Hand anzurührenden Form auf den Markt gebracht. Es handelt sich dabei um die drei Komponenten

1. Pulver
2. Flüssigkeit
3. Katalysatorpaste.

Nach der von der Herstellerfirma herausgegebenen Verarbeitungsvorschrift wurde beim Anmischen wie folgt vorgegangen:

In einem kleinen Anrührgefäß wurden 12 Tropfen Flüssigkeit mit 2 mm Katalysatorpaste in einer Zeit von 20-30 Sek. aufgelöst. In weiteren 30 Sekunden wurde ein Meßbecher Pulver in diese Flüssigkeit hineingerührt.

Der dabei entstehende dickflüssige Kunststoffteig konnte in einer Zeit von etwa einer Minute in die Kavität eingebracht werden.

Wie alle Kunststoffe darf PALAKAV nicht mit eugenolhaltigen Substanzen während der Polymerisation zusammengebracht werden, da dies ein vorzeitiges Ablösen der Füllung aus der Kavität zur Folge hätte. Bei notwendig werdender Überkappung ist das Medikament mit einer möglichst kleinen Phosphatzementschicht zu überdecken, um noch genügend Dentin zur Haftung mit PALAKAV freizulassen.

Da nach Abtragen des Überschusses und nach der Beseitigung von Okklusionstörungen mit Hilfe von feinen Schleifsteinen und Sandpapierscheiben der anorganische Füllstoff immer etwas aus dem weicheren und damit leichter wegzupolierenden Kunststoff herausragt, ist eine Hochglanzpolitur nicht möglich. Die fertig bearbeitete Füllung ähnelt jedoch im Aussehen und in der Oberflächenbeschaffenheit einer Steinzementfüllung und darf somit als ästhetisch befriedigend angesehen werden.

2. UNTERSUCHUNGEN ZUR PULPENVERTRÄGLICHKEIT

a) Der Kunststoffe als Füllungsmaterialien allgemein

Eines der schwierigsten Probleme in der Frage der Pulpenverträglichkeit eines Füllungsmaterials liegt in der Abgrenzung der die Pulpa schädigenden Faktoren. So führte FISCHER (7) einige Möglichkeiten der Pulpaschädigung an, bei denen das Füllungsmaterial oft zu Unrecht als auslösende Noxe angesehen wird:

1. Zu tiefes Exkavieren, bedingt durch die Schwierigkeit der Entfernungsschätzung von Kavitätenboden zur Pulpa, daher möglicherweise
2. unbemerktes Anschneiden der Pulpa
3. Irreguläre Dentinkanälchen vom Kavitätenboden zur Pulpa, die zu Pulpeninfektionen führen.
4. Das Vorliegen eines Pulpa-Periodontalkanales
5. Das unbemerkte Zurücklassen von erweichtem Dentin
6. Pulpahornvariationen.

Es darf weiterhin nicht übersehen werden, daß schon die Kavitätenpräparation als pulpaschädigender Faktor in Betracht gezogen werden muß, da durch Anschneiden von Odontoblastenfortsätzen im Dentin mit einer Schädigung dieser Fortsätze zu rechnen ist. Deren Nekrose führt über den Austritt von toxischen Stoffen in die Dentinkanäle zu negativen Auswirkungen auf die Pulpa (WANNEMACHER, 28).

Selbst der Ausschluß dieser Faktoren durch schonende Präparation und sorgfältige histologische Nachprüfung läßt eine vorhandene Pulpaveränderung nicht ohne weiteres auf eine ursächliche Schädlichkeit des Füllstoffes zurückführen. Denn "das histologische Bild kann nur Auskunft geben über den Zustand der Pulpa zum Zeitpunkt der Extraktion des Zahnes. Weder über die Ursache, die zu pathologischen Veränderungen im Zahnmark geführt hat, noch über den Ablauf und die Dauer des pathologischen Geschehens geben die Präparate Auskunft" (KETTERL, 12).

Weitere Schwierigkeiten bei der Beurteilung von histologischen Präparaten sieht der gleiche Autor darin, daß regressive Veränderungen des Zahnmarkes zwar die Folgeerscheinungen von chronischen Entzündungsprozessen sind, daß solche Veränderungen

andererseits an allen intakten und gesunden Zähnen ohne entzündliche Prozesse gefunden werden.

Bei der kritischen Würdigung der folgenden fremden und eigenen Untersuchungen sollten diese oben genannten Punkte nicht außer Acht gelassen werden.

Im Jahre 1953 beschrieb C. H. FISCHER (4) die Nachuntersuchung von 350 mit Kunststofffüllungen (PALAVIT und SEVRITON) versehenen Zähnen. Er fand dabei nach einer Liegedauer von 14 Monaten an einer Reihe von Zähnen Pulpennekrosen, für deren Entstehen er das Monomer verantwortlich macht. Während V. KREUDENSTEIN (16) glaubt, daß auch eine erhärtete Phosphatzementunterfüllung keinen Schutz gegen das Vordringen dieses Monomers bietet, findet STÜBEN (30) in seinen Untersuchungen, daß erhärtetes Phosphatzement einen 50% Schutz bietet. Wird diese Unterfüllung noch tropfbar flüssig in die Kavität eingebracht, so erweist sie sich je nach Dentindicke für eine Zeit von 3 - 5 Minuten als vollkommen dicht gegenüber dem Monomer. Diese Zeit soll genügen, um eine toxische Wirkung der polymerisierenden Mischung von der Pulpa fernzuhalten.

V. KREUDENSTEIN (16) sieht als eigentlich schädigende Substanzen die als Akzelleratoren dem Monomer beigegebenen aliphatischen und aromatischen tertiären Amine an, während CASTAGNOLA (2) die abweichende Wasserstoffionenkonzentration von dem physiologischen pH-Wert der Pulpa für deren Schädigung verantwortlich macht.

Bei der Beurteilung von Kunststoff-Füllungsmaterialien teilt RING (24) diese in vier Gruppen ein:

1. das Kunststoff-Pressinlay
2. die Autopolymerisatfüllung
3. die CADURIT-Füllung
4. die MER-DON-Füllung

Während bei dem außerhalb des Mundes angefertigten Pressinlay naturgemäß keine Pulpaschädigung zu erwarten ist, findet er bei der zweiten Gruppe starke Schädigungen der Pulpa.

Bei dem CADURIT, einem thermoplastischen Kunststoff ohne Monomer, der durch Vernetzung mit einer Starterpaste erstarrt, handelt es sich nach der Auffassung des Autors um einen gewebsfreundlichen Kunststoff, der keine schädigenden Einflüsse auf die Pulpa hat. Zu dem gleichen Ergebnis kommt GÜLZOW (9), der nach einer Untersuchung an 28 Zähnen mit dem verbesserten P-CADURIT feststellt, daß dieses Füllungsmaterial gegenüber der Pulpa indifferent ist und zumindest in Kavitäten mittlerer Tiefe ohne zusätzlichen Pulpaschutz appliziert werden kann. LANGE LAND dagegen fand pathologische Veränderungen in Form von vakuoliger Degeneration und zelliger Infiltration (17).

Auch dem in der letzten Gruppe angeführten MER-DON testiert RING eine Unschädlichkeit gegenüber der Pulpa. Es handelt sich bei diesem Material um einen Spezialkunststoff mit Glasfasern, dem Imprägnierungs- und Bindemittel sowie Füllstoffe zugefügt sind (24).

Die bisher von anderen Autoren beschriebenen Kunststoff-Füllungsmaterialien (PALAVIT, HEXACRYL, DENTAFIL, SWEDON et al.) gehören zu der zweiten Gruppe von STÜBEN. Sie bestehen aus dem Pulver (Polymer, Katalysatoren, Farbstoffe) und der Flüssigkeit (Monomer), wobei es sich bei Letzterem um den Methylester der Metakrylsäure handelt.

Als histologisches Zeichen der Pulpaschädigung durch das Monomer gibt MAEGLIN (19) folgende Punkte an:

Zunächst kommt es zur Einwanderung von Odontoblastenkernen in die Dentinkanälchen, dann - nach einer Liegedauer von 5-12 Tagen - zu einer Hyperämie der Kapillaren im Odontoblastenbereich mit einer Infiltration von Leukozyten. Bei pulpenahen Kavitäten können Hämorrhagien den Untergang der Odontoblasten hauptsächlich im Bereich der angeschnittenen Dentinkanälchen bewirken. Der Verlust dieser Zellen führt zu einer Verminderung der Sekundärbildung und somit zu einer entscheidenden Schwächung des Zahnes. Nach längerer Liegedauer kommt eine seröse Infiltration und die netzförmige Atrophie der Pulpa hinzu. Diese Vorgänge verlaufen klinisch stumm. Am Ende dieser Entwicklung steht die Nekrose der Pulpa.

MAEGLIN weist weiter darauf hin, daß die Pulpaschädigung solange erfolgt, wie noch freies Monomer und Katalysator vorliegen. Nach dem Erhärten des Kunststoffes läßt die schädigende Wirkung des Monomers nach oder hört ganz auf, obwohl im erhärteten Kunststoff noch ein Residualmonomer von ca. 2,5% zu finden ist.

Diese negativen Eigenschaften des Monomers führten in jüngster Zeit zu Versuchen, dieses zu ersetzen oder durch Zufügung anderer Substanzen seine Schädlichkeit aufzuheben.

Der erste Weg wurde von BOWEN beschritten. Er gab als Monomerersatz einen Vernetzer, das Bisphenol A, an. Auf dieser Angabe basieren Füllungsmaterialien wie ADDENT, ADAPTIC, BLENDANT, DAKOV u.a. Da es sich um neue Materialien handelt liegen ausführliche klinische Untersuchungen bis jetzt noch nicht vor.

Für den zweiten Weg entschied sich MASUHARA. Wie schon angegeben, fügt er dem Monomer das Tri-n-butylboran zu, zunächst nur, um eine bessere Haftfähigkeit des Kunststoffes am Dentin zu erhalten. Im Laufe weiterer Untersuchungen wurde eine zumindest teilweise Aufhebung der Monomerschädlichkeit auf die Pulpa festgestellt.

Das auf dieser Grundlage hergestellte Kunststoff-Füllungsmaterial befindet sich nun seit etwa 3 Jahren in klinischer Untersuchung, über deren bisher bekannt gewordenen Ergebnisse im Folgenden berichtet werden soll.

b) Des PALAKAV's

Erste histologische Untersuchungen wurden von HERRMANN und VIOHL (10) durchgeführt. Aus einer großen Reihe von mit PALAKAV gefüllten Zähnen wurden fünf extrahiert und untersucht. Dabei wurde ein Auseinanderdrängen der Odontoblasten durch Entzündungszellen, erweiterte Kapillaren und Entzündungszellen in der WEIL'schen Zone und im angrenzenden Pulpagewebe - im weiter abliegenden Bereich der Kronen- und Wurzelpulpa jedoch keine pathologischen Veränderungen festgestellt.

Bei den zellulären Infiltraten handelt es sich meist um Lymphozyten sowie um polymorphkernige Leukozyten, weniger um Plasmazellen. In der Pulpa herrschten Erythrozyteninfiltrate vor.

Die beschriebenen Erscheinungen werden als akute herdförmige Entzündungen gedeutet, wobei auf einen nach 80 Tagen untersuchten Zahn hingewiesen wird, bei dem eine umschriebene Dentinneubildung und eine abgeklungene chronische Entzündung beobachtet wurde. Insgesamt wurde PALAKAV jedoch nicht als absolut unschädlich angesehen.

Zu einem ähnlichen Urteil kommt VIOHL (27) bei seinen Untersuchungen an mit PALAKAV gefüllten Hundezähnen. Er führte seine Versuche mit 6 Hunden (Beagles) durch, wobei PALAKAV-Füllungen mit und ohne Pulpenschutz im Katalysator sowie Vergleichsfüllungen mit Amalgam ohne Unterfüllung und Silikatfüllungen mit und ohne Unterfüllung gelegt wurden. Nach 1 - 2 - 8 - 15 - 39 - und 99 Tagen Liegezeit wurden die Zähne extrahiert. Berücksichtigung fanden dabei die Untersuchungsergebnisse von LANGE LAND (18), daß Folgen auf das Bohrtrauma nach 15 Tagen aufgetreten sein müßten.

Die heftigsten Reaktionen bei allen Füllstoffen wurden nach einer Liegedauer von 2 - 15 Tagen festgestellt. Auffallend dagegen waren die geringen Erscheinungen zwischen 39 und 99 Tagen, die möglicherweise auf die große Regenerationskraft der Beagle-Zähne zurückzuführen ist. Ein Zusammenhang zwischen der Entfernung Kavitätenboden und Pulpa und der Stärke der Reaktion konnte nicht beobachtet werden. Ebenso ergaben sich keine Unterschiede der Pulpenreaktionen auf PALAKAV-Füllungen mit Pulpenschutz und solchen ohne diesen Zusatz.

VIOHL faßte sein Ergebnis in folgender Feststellung zusammen: "Das Amalgam rief die geringsten Veränderungen (bei langer Liegezeit) herbei. PALAKAV mit und ohne pulpaschützende Substanz sowie Silikat mit und ohne Unterfüllung verursachen die stärkeren Veränderungen. Eine weitere Unterscheidung ist nicht möglich". Er folgerte daraus, daß nach den histologischen Befunden jedoch die Möglichkeit der Pulpaschädigung beim Menschen besteht.

Ebenfalls im Tierversuch untersuchte HOEFIG (11) die Wirkung von PALAKAV auf die Pulpa. Er benutzte dazu Göttinger Miniaturschweine, deren Pulpa sich durch

eine fehlende WEIL'sche Zone und durch größeren Gefäßreichtum von der menschlichen Pulpa unterscheidet. Er gab als Ergebnis seiner Untersuchungen an, daß PALAKAV im Kurzzeitversuch von 16 bis 38 Tagen keine Zahnmarkschäden hervorruft, die auf den Werkstoff zurückgeführt werden müßten. Die an allen Zähnen beobachtete Reizdentinbildung faßt HOEFIG als physiologische Reaktion auf das Behandlungstrauma auf.

KÖDEL und KOECK finden gleichfalls im Tierversuch nach 2-5 Tagen eine deutliche Entzündung der Pulpa mit Hohlraumbildung, Auflockerung des Odontoblastensaumes im kavitätenbezogenen Bereich. Nach 28 Tagen tritt dann eine kräftige Sekundärdentinbildung mit gleichzeitiger Rückbildung der Entzündungserscheinungen ein (13).

Eine von den gleichen Autoren vorgenommene Untersuchung an 15 menschlichen Zähnen, von denen vier kariös waren, zeigte an den 11 kariesfreien Zähnen nach 7-180 Tagen Liegezeit keine nennenswerte pathologisch-morphologische Pulpa-Veränderung, während die ehemals vier kariösen Zähne Vakuolen im Odontoblastensaum und in der WEIL'schen Zone, sowie im angrenzenden Pulpagewebe aufweisen. Im Pulpengewebe befinden sich weiterhin erweiterte Gefäße.

Diese an den menschlichen Zähnen festgestellten feingeweblichen Veränderungen sind nach Auffassung der Autoren eindeutig Ausdruck der vorausgegangenen Reizeinwirkung durch das Bohrtrauma.

An 15 bleibenden und nicht kariösen menschlichen Zähnen untersuchte WILSTERMANN die Pulpareaktion auf PALAKAV-Füllungen während einer Liegezeit von 4-18 Tagen. Er berichtet über das Auftreten von Mikrohämmorrhagien und von einer auffallenden Zellverarmung in der Odontoblastenschicht unterhalb der Einwirkungsstelle des Füllstoffes. Auch dieser Autor hält es für wahrscheinlich, daß diese Erscheinungen dem Bohrtrauma anzulasten sind. Zusammenfassend folgert er, daß trotz der oft großen Annäherung an die Pulpa histologisch keine gravierende Schädigung des Zahnmarkes zu ersehen sei, die alleine dem Palakav angelastet werden müßte (29).

Diesen bisher angeführten teilweise nicht ganz befriedigenden histologischen Untersuchungsergebnissen stehen auf der anderen Seite klinische Untersuchungen gegenüber, die weit bessere Ergebnisse aufweisen. So zeigen STRASSBURG und KNOLLE (26) die Diskrepanz auf zwischen diesen histologischen Befunden und der klinischen Empirie, nach der mit PALAKAV versorgte Zähne nach über drei Jahren Liegezeit noch vitale Pulpareaktionen zeigen. Sie bezweifeln in diesem Zusammenhang die Übertragbarkeit der Ergebnisse von Tierversuchen auf den Menschen. Sie stimmen darin mit MAEGLIN (19) überein, der feststellt: "Unseres Erachtens (lassen) in der klinischen Zahnheilkunde viel eher einige wenige Experimente am eigentlichen Objekt zahnärztlicher Behandlung praktisch verwertbare Schlüsse zu als Hunderte von Versuchen an Tierzähnen".

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

a) Auswahl der Patienten

Um zu einer objektiven Beurteilung der Ergebnisse ohne verfälschende Faktoren zu gelangen, wurden für diese Untersuchung Patienten ausgewählt, bei denen aus kieferorthopädischen Gründen bleibende, kariesfreie Zähne extrahiert werden mußten. Es handelte sich dabei mit einer Ausnahme um jugendliche Patienten im Alter zwischen 9 und 14 Jahren. Nur eine Patientin lag mit 28 Jahren erheblich über dem Durchschnittsalter.

Dem Alter kommt eine gewisse Bedeutung auf Grund der Tatsache zu, daß das Kanalvolumen im Kronendentin bei Jugendlichen wesentlich größer als bei Erwachsenen ist. Es besteht somit die Möglichkeit, daß die Auswirkungen von toxischen Reizen auf die Pulpa bei Jugendlichen stärker als bei Erwachsenen ist. Auf Grund der fehlenden Aussagekraft von nur einem Befund eines Erwachsenen blieb diese Frage in dieser Untersuchung ohne Berücksichtigung.

Die bereits kleine Zahl der in Betracht kommenden Patienten wurde noch dadurch vermindert, daß wegen fehlender sorgfältiger Zahnpflege auch die bleibenden Zähne oft schon kurz nach dem Durchbrechen von Karies befallen sind. Eine weitere Schwierigkeit lag darin, die jugendlichen Patienten dazu zu bewegen, vor der Extraktion noch eine schmerzhaft und für sie an sich nicht notwendige Kavitätenpräparation über sich ergehen zu lassen.

Es ergab sich schließlich eine Zahl von 11 Patienten, bei denen insgesamt 21 Zähne untersucht werden konnten.

b) Durchführung der Versuche

Zunächst wurden alle Zähne mit in Chloräthyl getränkten Wattepellets auf ihre Vitalität geprüft. Das Ergebnis war für alle Zähne positiv. Danach wurde von jedem Zahn eine Röntgenaufnahme angefertigt, um eventuell vorhandene versteckte kariöse Defekte festzustellen. Nach dieser Untersuchung mußten zwei Zähne mit

Interdentalkaries ausgeschieden werden, für die restlichen 21 Zähne ergab sich ein röntgenologisch einwandreier Befund.

Zur Präparation der zentralen Kavitäten wurde im Schmelzbereich ein walzenförmiger Diamantstein in der Turbine benutzt, wobei auf eine sorgfältige Kühlung durch den Wasserspray geachtet wurde. Die Ausschachtung des Dentins erfolgte mit langsam laufenden Rosenbohrern verschiedener Größe. Abschließend wurde mit einem umgekehrten Kegelbohrer der Kavitätenboden geglättet und Unterschnitte zur besseren Verankerung der Füllung angebracht. Es wurde versucht, die Tiefe der Kavität so zu bemessen, daß sich die Entfernung Kavitätenboden - Pulpa in einem Bereich von 0,5 - 1 mm bewegte.

Nach Austrocknung der Kavität mit Chloroform - ohne Zuhilfenahme des Luftbläfers - wurde die PALAKAV-Füllung (x) in der bereits beschriebenen Form gelegt.

Nach der vorgesehenen Liegezeit von 28 Tagen wurden die Zähne erneut auf Vitalität überprüft. Hierbei ergab sich für zwei Zähne ein negativer Befund.

Zur Extraktion der Zähne wurde mit einem Lidocainpräparat eine Leitungs- bzw. eine Infiltrationsanästhesie gesetzt. Die gezogenen Zähne wurden anschließend noch einmal auf eventuell im Röntgenbild übersehene kariöse Defekte untersucht und anschließend in eine 10% Formalinlösung gelegt.

c) Durchführung der histologischen Untersuchungen

Wie viele andere Autoren auch betont LANGE LAND in seiner Untersuchung (17), daß die angewandte Methode zur Herstellung der Untersuchungsobjekte einen großen Einfluß auf das histologische Bild habe. Es sei daher ein kurzer Überblick auf die in dieser Untersuchung geübte Technik gegeben, aufgegliedert in drei Punkte:

Fixation

Entkalkung

Schnitttechnik und Färbung

(x) = ohne Unterfüllung

Die Fixation

Es kann davon ausgegangen werden, daß es keine Fixierlösung gibt, die alle Strukturen des Weichteilgewebes gleichermaßen gut erhält. Aber ungleich anderen Lösungen verursacht das hier benutzte Formalin nur geringfügige Verzerrungen im Gewebe, wenn auch empfindliche Gewebeteile nach Monaten von ihm aufgelöst werden können. Der weitere Nachteil des Formalins, nicht für die Untersuchung von Nervengewebe verwendbar zu sein, ist für diese Untersuchung nicht von Bedeutung. Im Ganzen gesehen betrachtet LANGE LAND (17) Formalin als ein zuverlässiges Fixiermittel, da es die Zell- und Gewebestrukturen erhält, ohne eine Schrumpfung zu verursachen.

Die extrahierten Zähne wurden für diese Untersuchung während einer Dauer von drei Tagen in 10%iger Formalinlösung fixiert und danach entkalkt.

Die Entkalkung

LANGELAND (17) stellt an die Entkalkungslösung drei Forderungen:

1. die gebrauchte Konzentration darf weder eine Schwellung des Kollagens verursachen noch die Färbeeigenschaften des Gewebes verändern.
2. sie muß das Kalzium schnell und gründlich auflösen.
3. sie darf keine Ausfällungen verursachen.

In Übereinstimmung mit LANGE LAND, der in der Salpetersäure ein schnelles Entkalkungsmittel ohne schädliche Wirkung auf das Untersuchungsobjekt sieht, wurden die Zähne für drei Tage in 5%ige Salpetersäure und danach für 12 Stunden in 5%iges Natriumsulfat gelegt.

Die Schnittechnik und die Färbung

Die Anfertigung der Schnitte erfolgte auf dem Gefriermikrotom von LEITZ. Dabei wurde Wert darauf gelegt, daß die ganze Ausdehnung der Kavität auf dem Präparat sichtbar wurde. Aus jeder Schnittserie wurden anschließend drei Präparate zur mikroskopischen Beurteilung ausgewählt. Die Färbung erfolgte nach dem Prinzip der HE-Färbung:

Vorgang	Zeit
Hämatoxylinbad	5 Minuten
Differenzierung in Säurealkohol	3 Sekunden
Bläuen in Leitungswasser	30 Minuten
Bad in alkoholischer Eosinlösung	30 - 60 Sekunden

An diesen Vorgang schloß sich die Dehydrierung und die Verglasung auf dem Objektträger an.

Die mikroskopische Untersuchung und Bewertung

Als Grundlage für die Auswertung der Präparate diente die richtungsweisende Arbeit von LANGE LAND (17 u. 18). Er unterscheidet je nach Liegedauer drei Gruppen von Prüfungsmerkmalen für die Wirkung einer Substanz auf die Pulpa.

1. sofortige Reaktion
2. Reaktion nach 1 - 30 Tagen
3. Kriterien nach mehr als 30 Tagen.

In der für den vorliegenden Bericht maßgebenden Gruppe zwei gibt LANGE LAND die Punkte an, auf die die Aufmerksamkeit während der Untersuchung gerichtet sein soll:

- a) Kontakt des Materials mit den Zahnhartsubstanzen nach den Beobachtungen in den Präparaten.
- b) Verfärbungen des Kavitätenbodens.
- c) Odontoblastenkerne in den angeschnittenen Dentinkanälchen
- d) Erythrozyten in den angeschnittenen Dentinkanälchen
- e) gleichzeitiges Vorhandensein neutrophiler Leukozyten - seltener auch eosiner Leukozyten - in der Odontoblastenschicht, die an diejenigen Dentinkanälchen angrenzt, in denen Odontoblastenkerne und/oder Erythrozyten auftreten.

- f) Blutgefüllte Kapillaren, die sich auf die mit angeschnittenen Dentinkanälchen verbundenen Odontoblastenschichten beschränken - als Kriterium der Hyperämie.
- g) Leukozyten innerhalb und außerhalb der Blutgefäße im darunterliegenden Pulpabereich.
- h) Mit zunehmender Beobachtungszeit wachsende Unregelmäßigkeit der Odontoblastenschicht.
- i) Mit zunehmender Beobachtungszeit allmähliches Verschwinden der Zellen oder der Zellrückstände in den angeschnittenen Dentinkanälchen.
- j) Gleichzeitiges Vorhandensein von braunem Pigment mit Erythrozyten, die aus den Blutgefäßen herausgetreten sind (Hinweis auf Blutung).

Als Zeichen der Pulpareaktion auf exogene Einflüsse muß angesehen werden, wenn

- a) Odontoblastenkerne in den angeschnittenen Dentinkanälchen vorhanden sind.
- b) Entzündungszellen in der Odontoblastenschicht gefunden werden, die an diejenigen Dentinkanälchen angrenzt, in denen die Odontoblastenkerne auftreten.
- c) erweiterte Kapillaren - beschränkt auf die unter b) und c) angegebene Region - vorhanden sind.
- e) braunes Pigment zu finden ist.
- f) Hohlräume oder "leere Räume" in der Interstitialsubstanz vorkommen.

Die folgenden Befunde sind kein signifikantes Zeichen einer Pulpareaktion:

- a) Leere Räume, einschließlich retikulärer Atrophie in der Odontoblastenschicht oder im zentralen Teil der Pulpa.
- b) Fettige Degeneration und Fettzellen.
- c) Vakuolen in den Odontoblasten, Kernkörperchen in ihren Kernen und Schrumpfung der Odontoblasten.
- e) Ausgetretene Erythrozyten.
- f) Erweiterte Kapillaren in der Odontoblastenschicht, die kein Beweis der Überproduktion der Kapillaren sind.

d) Einzeldarstellung der Fälle

(1) C.G.

Alter: 13 Jahre Zahn: + 4 Liegedauer: 28 Tage
Entfernung Kavitätenboden - Pulpa: 0,5 mm

Neben einer stärkeren Hyperämie zeigt sich im kavitätennahen Pulpenhorn ein ausgedehnter Hydrops, in dessen Umgebung eine geringe Vermehrung von Bindegewebszellen zu beachten ist.

Der Zahn zeigt somit eine deutliche Reaktion auf die Präparation oder das Füllungsmaterial.

(2) C.G.

Alter: 13 Jahre Zahn: - 5 Liegedauer: 28 Tage
Entfernung Kavitätenboden - Pulpa: 1,0 mm

Es zeigt sich eine geringe Gefäßerweiterung, darüberhinaus sind retikuläre dystrophische Veränderungen des Pulpagewebes und eine vakuoläre Degeneration der Odontoblasten zu beobachten.

Der Zahn zeigt somit nur eine schwache Reaktion auf die Präparation oder das Füllungsmaterial.

(3) G.R.

Alter: 11 Jahre Zahn: - 4 Liegedauer: 28 Tage
Entfernung Kavitätenboden - Pulpa: 1,2 mm

Neben einer Gefäßerweiterung zeigt sich eine vakuoläre Degeneration der Odontoblasten im Bereich des kavitätennahen Pulpahorns. Entzündliche Veränderungen sind nicht festzustellen.

Der Zahn zeigt somit nur eine undeutliche Reaktion auf die Präparation oder das Füllungsmaterial.

(4) G.R.

Alter: 11 Jahre Zahn: 4- Liegedauer: 28 Tage
Entfernung Kavitätenboden - Pulpa: 1,3 mm

Neben einer geringen Hyperämie sind keine pathologischen Veränderungen zu beobachten.

Der Zahn zeigt somit keine Reaktion auf das Füllungsmaterial.

(5) D.H.

Alter: 11 Jahre Zahn: +4 Liegedauer: 28 Tage
Entfernung Kavitätenboden - Pulpa: 1,4 mm

Außer einer Gefäßerweiterung ist eine vakuoläre Degeneration der Odontoblasten und eine netzförmige Atrophie des Pulpagewebes zu sehen. Sonst sind keine weiteren pathologischen Veränderungen zu beobachten.

Der Zahn zeigt somit nur eine schwache Reaktion auf die Präparation oder das Füllungsmaterial.

(6) D.H.

Alter: 11 Zahn: 4- Liegedauer: 28 Tage
Entfernung Kavitätenboden - Pulpa: 2,0 mm

Neben einer Hyperämie sind im kavitätennahen Pulpenhorn eine vakuoläre Degeneration der Odontoblastenschicht und eine netzförmige Atrophie der Pulpa zu beobachten. Darüber hinaus liegen keine weiteren pathologischen Veränderungen der Pulpa vor.

Der Zahn zeigt somit nur eine schwache Reaktion auf die Präparation oder das Füllungsmaterial.

(7) D.H.

Alter: 11 Jahre Zahn: 4- Liegedauer: 28 Tage
Entfernung Kavitätenboden - Pulpa: 0,4 mm

Eine Hyperämie liegt vor. Daneben fällt im kavitätennahen Pulpahorn ein ausgedehnter Hydrops auf, verbunden mit einer vakuolären Degeneration der Odontoblastenschicht und einer netzförmigen Atrophie des Pulpagewebes.

Der Zahn zeigt somit eine deutliche Reaktion auf die Präparation oder das Füllungsmaterial.

(8) D.H.

Alter: 11 Jahre Zahn: -4 Liegedauer: 28 Tage
Entfernung Kavitätenboden - Pulpa: 1,5 mm

Es sind Zeichen einer Hyperämie und einer netzförmigen Atrophie des Pulpagewebes in beiden Pulpenhörnern zu finden. Sonst liegen keine weiteren pathologischen Veränderungen vor.

Der Zahn zeigt somit eine schwache Reaktion auf die Präparation oder das Füllungsmaterial.

(9) M.L.

Alter: 10 Jahre Zahn: -4 Liegedauer: 28 Tage
Entfernung Kavitätenboden - Pulpa: 0,5 mm

Neben einer mäßigen Gefäßerweiterung sind keine weiteren pathologischen Veränderungen zu beobachten.

Der Zahn zeigt somit keine Reaktion auf das Füllungsmaterial.

(10) U.M.

Alter: 9 Jahre Zahn: -4 Liegedauer: 28 Tage
Entfernung Kavitätenboden - Pulpa: 0,2 mm

Es zeigen sich neben einer geringen Hyperämie keine weiteren pathologischen Veränderungen.

Der Zahn zeigt somit keine Reaktion auf das Füllungsmaterial.

(11) U.M.

Alter: 9 Jahre Zahn: 4- Liegedauer: 28 Tage
Entfernung Kavitätenboden - Pulpa: 0,8 mm

Neben einer schwachen Gefäßerweiterung sind keine weiteren pathologischen Veränderungen zu beobachten.

Der Zahn zeigt somit keine Reaktion auf das Füllungsmaterial.

(12) M.M.

Alter: 13 Jahre Zahn: 4+ Liegedauer: 28 Tage
Entfernung Kavitätenboden - Pulpa: 0,8 mm

Es liegt eine geringgradige Gefäßerweiterung vor.

Am Dach des Pulpenavums ist eine mäßige Vermehrung von Rundzellen zu sehen.

Der Zahn zeigt somit nur eine schwache Reaktion auf die Präparation oder das Füllungsmaterial.

(13) S.S.

Alter: 28 Jahre Zahn: +5 Liegedauer: 28 Tage
Entfernung Kavitätenboden - Pulpa: 0,7 mm

Neben einer geringen Hyperämie ist eine netzförmige Atrophie des Pulpengewebes und eine vakuoläre Degeneration der Odontoblastenschicht im Bereich der Kronenpulpa festzustellen.

Der Zahn zeigt somit eine undeutliche Reaktion auf die Präparation oder das Füllungsmaterial.

(14) U.D.

Alter: 14 Jahre Zahn: + 5 Liegedauer: 28 Tage
Entfernung Kavitätenboden - Pulpa: 0,8 mm

Es liegt eine schwache Hyperämie vor. Im Bereich der Kronenpulpa zeigen sich neben einer netzförmigen Atrophie eine vakuoläre Degeneration der Odontoblastenschicht.

Der Zahn zeigt somit eine undeutliche Reaktion auf die Präparation oder das Füllungsmaterial.

(15) K.N.

Alter: 12 Jahre Zahn: + 6 Liegedauer: 28 Tage
Entfernung Kavitätenboden - Pulpa: 0,2 mm

Außer einer schwachen Hyperämie und einer lokalisierten Vermehrung von Rundzellen in einem Pulpenhorn sind keine weiteren pathologischen Veränderungen zu beobachten.

Der Zahn zeigt somit nur eine schwache Reaktion auf die Präparation oder das Füllungsmaterial.

(16) K.N.

Alter: 12 Jahre Zahn: +6 Liegedauer: 28 Tage
Entfernung Kavitätenboden - Pulpa: 0,5 mm

Neben einer stärkeren Hyperämie ist eine seröse Entzündung im Bereich der Pulpenhörner und eine netzförmige Atrophie im zentralen Anteil der Pulpa festzustellen.

Der Zahn zeigt somit eine deutliche Reaktion auf die Präparation oder das Füllungsmaterial.

(17) H.R.

Alter: 9 Jahre Zahn: + 4 Liegedauer: 28 Tage
Entfernung Kavitätenboden - Pulpa: 2,0 mm

Außer einer geringen Gefäßerweiterung liegen keine weiteren pathologischen Veränderungen vor.

Der Zahn zeigt somit keine Reaktion auf das Füllungsmaterial.

(18) A.S.

Alter: 11 Jahre Zahn: + 4 Liegedauer: 28 Tage
Entfernung Kavitätenboden - Pulpa: 1,0 mm

Es zeigt sich eine starke Gefäßerweiterung, darüber hinaus liegt eine lokalisierte Ansammlung von Rundzellen im kavitäten-nahen Bereich vor.

Der Zahn zeigt somit eine deutliche Reaktion auf die Präparation oder das Füllungsmaterial.

(19) A.S.

Alter: 11 Jahre Zahn: 4 + Liegedauer: 28 Tage

Entfernung Kavitätenboden - Pulpa: Trepaniert

Es liegt eine starke Gefäßerweiterung und eine entzündliche Veränderung im angeschnittenen Pulpenhorn vor.

Der Zahn zeigt somit eine starke Reaktion auf die Präparation.

(20) A.S.

Alter: 11 Jahre Zahn: -4 Liegedauer: 28 Tage

Entfernung Kavitätenboden - Pulpa: Trepaniert

Es ist eine starke Gefäßerweiterung und ein Abszeß im angeschnittenen Pulpenhorn zu beobachten.

Der Zahn zeigt somit eine starke Reaktion auf die Präparation.

(21) A.S.

Alter: 11 Jahre Zahn: 4- Liegedauer: 28 Tage

Entfernung Kavitätenboden - Pulpa: 0,2 mm

Außer einer geringen Gefäßerweiterung und einer Infiltration von Rundzellen in dem kavitätennahen Pulpenhorn liegen keine weiteren pathologischen Veränderungen vor.

Der Zahn zeigt somit nur eine undeutliche Reaktion auf die Präparation oder das Füllungsmaterial.

4. KRITISCHE BETRACHTUNG

a) Die Kavitärentiefe

Wie bereits dargelegt, wurde bei der Präparation der Kavitäten versucht, einen Abstand von ca. 0,5 - 1 mm zur Pulpa einzuhalten. Trotz der Anfertigung von Röntgenaufnahmen vor und kritischer Inspektion der Kavitäten nach der Präparation zeigt die Tabelle Nr. 1, daß eine breite Streuung der Entfernung Kavitätenboden - Pulpa vorhanden ist. Sie reicht von 2 mm bis zur - unbemerkten (!) - Trepanation. Dabei ist zu bemerken, daß das Kind mit den beiden trepanierten Zähnen während der Liegezeit der Füllungen über keinerlei Beschwerden klagte.

Die Tiefe der Präparation war jedoch in allen Fällen so ausreichend, daß sich keine Füllung vor oder während der Extraktion aus der Kavität löste.

b) Die Hyperämie

Bekanntlich ist die Hyperämie als erste Antwort der Pulpa auf exogene Reize anzusehen. Es kommt dabei zur prallen Füllung der Arterien (Praekapillaren) mit roten Blutkörperchen und zum deutlichen Heraustreten der Kapillarschlingen in der Randzone der Pulpa. Als einzige reversible Erscheinung im Verlauf der Pulpaerkrankung kann sie durch Beseitigung des exogenen Reizes wieder zum Verschwinden gebracht werden.

Da in der vorliegenden Untersuchung wegen der Zufälligkeit der Befunde keine Vergleichszähne miteinbezogen wurden, erfolgte die Bewertung der Hyperämie (schwach - mittel - stark) nur vergleichend an den Befunden dieses Versuchs und den anerkannten Maßstäben der Zahnheilkunde.

Als Ergebnis ist festzuhalten: es liegt bei allen Zähnen eine Hyperämie vor, der Übergang von der gesunden zur hyperämischen Pulpa ist jedoch fließend, so daß Veränderungen, die mit "schwacher Hyperämie" bewertet werden, durchaus noch im physiologischen Bereich liegen können (Tab. 2).

Tabelle 1

Verteilung der untersuchten Zähne auf das Kriterium Entfernung Kavitätenboden - Pulpa

Entfernung (mm)	Zahl der Zähne
0 - 0,5	7
0,5 - 1,0	6
1,0 - 1,5	4
1,5 - 2,0	2
Trepaniert	2

$$\Sigma = 21$$

Tabelle 2

Verteilung der untersuchten Zähne auf das Kriterium Hyperämie

Hyperämiestärke	Zahl der Zähne
schwach	16
mittel	1
stark	4

$$\Sigma = 21$$

c) Kavitätentiefe und Hyperämie (Abb. 1)

Nach dem oben gesagten erscheint es zumindest denkbar, daß die Entfernung des exogenen Reizfaktors von der Pulpa einen unmittelbaren Einfluß auf die Heftigkeit der Hyperämie haben könnte.

Es zeigt sich jedoch an Hand der Abb. 1, daß zwischen diesen beiden Werten offenbar kein Zusammenhang besteht. So weisen die Zähne Nr. 10, 15 und 21 mit der in diesem Versuch kleinsten Entfernung zur Pulpa nur geringe Anzeichen einer Hyperämie auf. Dagegen zeigt der Zahn Nr. 18 trotz weit größerer Entfernung eine starke Hyperämie.

Auch der Vergleich der anderen Werte läßt keine gesetzmäßige Abhängigkeit dieser beiden Faktoren erkennen. Es zeigt sich anscheinend, daß andere Tatbestände - etwa die individuelle Abwehrkraft der Pulpa - einen größeren Einfluß auf die Stärke der Hyperämie haben als die Dicke der verbleibenden Dentinbarriere zwischen der Pulpa und dem Füllungsmaterial PALAKAV.

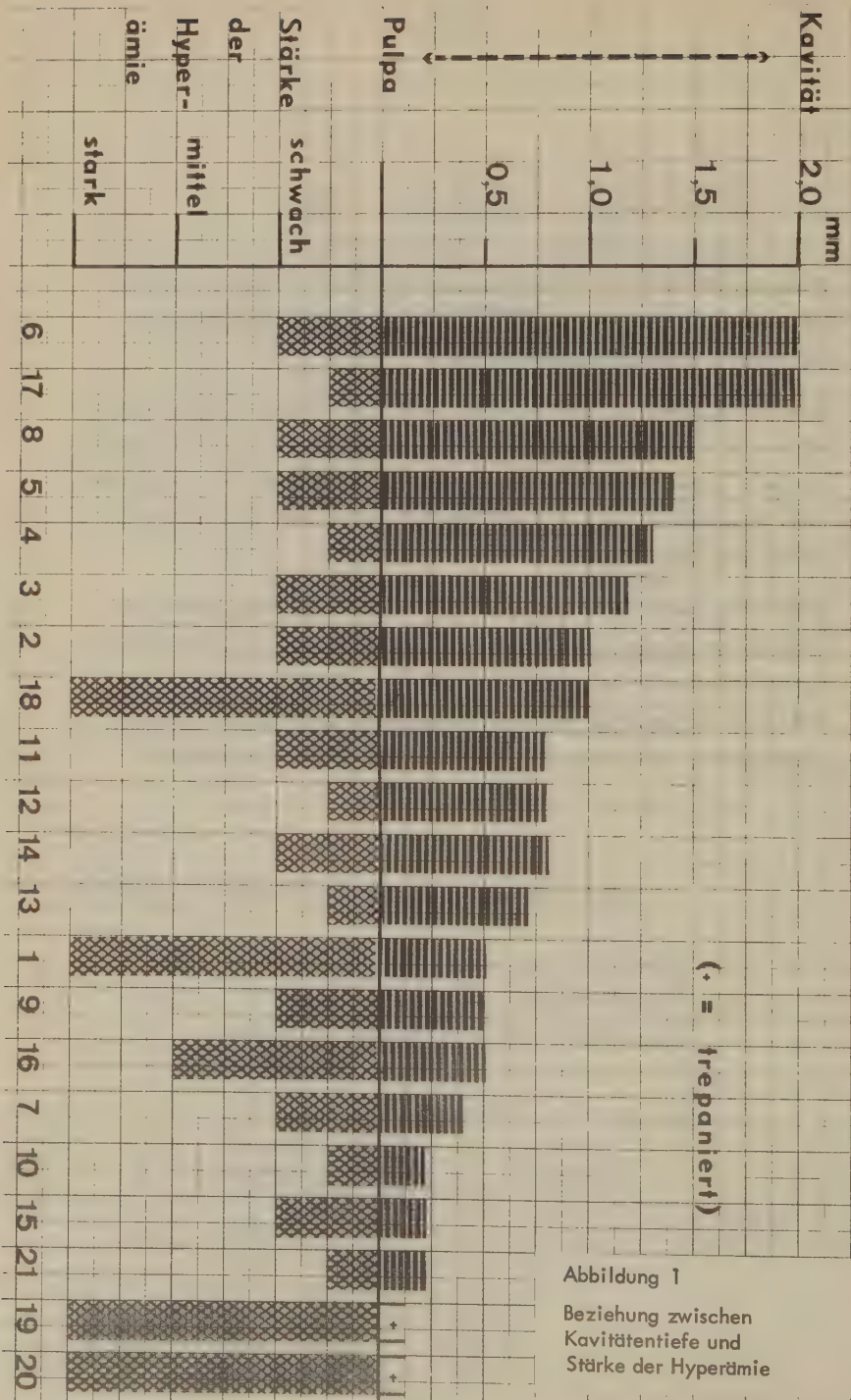


Abbildung 1
 Beziehung zwischen
 Kavitätentiefe und
 Stärke der Hyperämie

d) Regressive Veränderungen

bedeuten quantitative und qualitative Veränderungen des Pulpengewebes.

Bei der in diesem Bericht angeführten "retikulären Atrophie" handelt es sich um Veränderungen des Bindegewebes, das - in Größe und Zahl abnehmend - nur noch ein schwach anfärbbares Netz bildet.

Die "vakuoläre Degeneration" bedeutet dagegen eine qualitative Veränderung des Zellaufbaues der Odontoblasten. Diese beiden regressiven Formen kommen wie Tabelle 4 zeigt sowohl einzeln wie auch gemeinsam vor. Ihre Bedeutung gilt als umstritten, aber übereinstimmend mit der Mehrzahl der Autoren wie LANGE-LAND (18), KETTERL (12) et al. wird hier die Auffassung vertreten, daß diese Veränderungen nicht dem Füllungsmaterial anzulasten - sondern eher als Folgeschäden der Präparation zu betrachten sind. Daß solche Erscheinungen auch an intakten Zähnen zu beobachten sind, soll an dieser Stelle nochmals wiederholt werden.

Für sich alleine betrachtet haben die regressiven Veränderungen somit kaum eine Aussagekraft, erst in Verbindung mit den anderen Pulpenveränderungen kommt ihnen für die Bewertung eine gewisse Bedeutung zu.

e) Entzündliche Veränderungen

traten in dieser Untersuchung als seröse Entzündung mit zelliger Infiltration und als Abszeß auf. Daneben findet sich in 5 Fällen eine Ansammlung von Rundzellen.

Die entzündlichen Erscheinungen traten insbesondere im Bereich der kavitätennahen Pulpenhörnern in Erscheinung und äußerten sich durch ein verwaschenes Bild der betreffenden Gewebeabschnitte, hervorgerufen durch das seröse Exsudat.

Bei Betrachtung der Tabelle 4 zeigt es sich, daß die Entzündungsformen (seröse Entzündung, Rundzellinfiltration und Abszeß) an insgesamt 8 Zähnen zu beobachten sind, wobei allerdings die beiden trepanierten Zähne als eindeutige Präparationschäden aus der direkten Bewertung herausgenommen werden müssen, da deren Reaktion keine Aussagekraft über das Füllungsmaterial ergeben.

f) Der Bewertungsmaßstab

Um ein Bild der Gesamtreaktion der einzelnen Zähne zu bekommen, bedarf es der Zusammenfassung und Bewertung der bisher gefundenen Befunde. Dabei wurde nach folgenden Grundsätzen vorgegangen:

Das alleinige Vorliegen einer geringen bis schwachen Hyperämie wurde als physiologisch und somit als reaktionslos betrachtet.

Das gleiche Anzeichen in Verbindung mit regressiven Veränderungen wurde je nach der Stärke dieser Veränderungen als undeutliche oder schwache Reaktion gewertet, wobei auch diese Erscheinungen noch als physiologische Reaktion zu werten und höchstens dem Bohrtrauma anzulasten sind.

Die gleiche Bewertung erhielt eine schwache Hyperämie in Verbindung mit einer lokalisierten schwachen Vermehrung von Rundzellen, da es auch hier schwierig ist, die Trennung zwischen physiologischem und pathologischem Geschehen vorzunehmen.

Als deutliche Reaktion wurde das Vorhandensein einer mittleren oder starken Hyperämie in Verbindung mit entzündlichen Erscheinungsformen gewertet.

Als stark reagierend mußten schließlich die beiden trepanierten Zähne angesehen werden.

Tabelle 3

Verteilung der untersuchten Zähne auf das Kriterium Reaktionsstärke der Pulpa

physiologischer Bereich			pathologischer Bereich		Reaktion
keine	undeutlich	schwach	deutlich	stark	
			x		1
		x			2
	x				3
x					4
		x			5
		x			6
			x		7
		x			8
x					9
x					10
x					11
		x			12
	x				13
	x				14
		x			15
			x		16
x					17
			x		18
				x	19
				x	20
	x				21
5	4	6	4	2	

g) Gesamtreaktion der Pulpa (Tab. 3)

Betrachtet man die untersuchten Zähne unter Berücksichtigung des beschriebenen Bewertungsmaßstabes, so zeigen

keine Reaktion	5 Zähne
undeutliche Reaktion	4 Zähne
schwache Reaktion	6 Zähne
deutliche Reaktion	4 Zähne
starke Reaktion	2 Zähne

Da die einzelnen Faktoren, die zu der Bewertung einer undeutlichen oder schwachen Reaktion geführt haben, für sich alleine betrachtet durchaus noch als physiologisch angesehen werden können, erscheint es gerechtfertigt, diese beiden Gruppen insgesamt dem physiologischen Reaktionsbereich zuzuordnen.

Dem gegenüber stehen die Gruppen mit deutlicher und starker Reaktion. Bei den Zähnen dieser Gruppen liegen deutliche entzündliche - irreversible! - Anzeichen oder eine stärkere Hyperämie mit weiteren Faktoren vor, die das Geschehen in der Pulpa eindeutig als pathologische Reaktion bezeichnen lassen.

Stellt man nun den Zähnen mit physiologischer Reaktion diejenigen mit pathologischer Reaktion gegenüber, so erhält man folgende

h) Auswertung

Physiologische Reaktion	15 Zähne
Pathologische Reaktion	6 Zähne

Unter Ausklammerung der beiden trepanierten Zähne ergibt sich das folgende abschließende Ergebnis:

Physiologische Reaktion	15 Zähne
Pathologische Reaktion	4 Zähne

Tabelle 4

Verteilung der untersuchten Zähne auf verschiedene Untersuchungskriterien

Reaktion	Entzündl. Veränder.					Regr. Veränder.		Hyperämie		Entfernung (mm) Kavität - Pulpa					Σ	*
	Abszeß					Ret. Atr. Vak. Deg.		stark		Trep.						
	keine	undeutlich	schwach	deutlich	stark	Ser. Eks. Rundzell.		mittel		0 - 0,5	0,5 - 1,0	1,0 - 1,5	1,5 - 2,0			

* Bei Untersuchungskriterien mit sich nicht gegenseitig ausschließenden Merkmalen werden in dieser Spalte die Anzahlen der Zähne angegeben, bei denen die angeführten Merkmale nicht feststellbar waren.

i) **Schlußfolgerungen**

Obwohl die überwiegende Zahl der für 28 Tage mit PALAKAV gefüllten Zähne für diesen Zeitraum keine bemerkenswerte Reaktion aufweisen, ist die Zahl von annähernd 1/5 aller untersuchten Zähne, deren Pulpa deutliche Veränderungen aufweisen, relativ hoch.

Da es bisher keine sichere Methode gibt, Präparationsschäden von solchen Folgeerscheinungen, die sich auf Grund von toxischen Auswirkungen eines Füllungsmaterials ergeben, zu trennen, ergibt sich zumindest der Verdacht, daß PALAKAV nicht frei von schädlichen Einflüssen auf die menschliche Pulpa ist.

Zur endgültigen Klärung dieses Problems erscheinen weitere Untersuchungen notwendig, die sich insbesondere mit dem Verhalten der Zahnpulpa nach längeren Liegezeiten beschäftigen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Im ersten Teil der Arbeit wurde über die Entwicklung der Kunststofffüllungsmaterialien berichtet, die schließlich zu dem neuartigen Kunststoff PALAKAV der Firma KULZER in Bad Homburg führte.

Durch seine chemische Haftfähigkeit an dem Dentin wurde von PALAKAV eine wichtige Forderung der konservierenden Zahnheilkunde erfüllt. Um diese Haftfähigkeit nicht einzuschränken, soll PALAKAV ohne eine störende Unterfüllung in die Kavität eingebracht werden. Das bedeutet jedoch, daß dieses Material absolut pulpenverträglich sein muß, um keine irreversible Pulpaschädigung hervorzurufen.

In dieser Arbeit soll daher der Einfluß von PALAKAV auf die menschliche Pulpa untersucht werden.

Im zweiten Teil dieser Untersuchung wurde zunächst über die Einflüsse der bisher bekannten Kunststoffe auf die Pulpa berichtet. Es wurde dargelegt, daß deren schädliche Wirkung auf die Pulpa dem Monomer der Kunststoffe zugeschrieben wird.

Es folgt eine Darstellung der bisherigen Untersuchungsergebnisse über PALAKAV. Es ergibt sich dabei eine überwiegend positive Beurteilung der Pulpaverträglichkeit. Der weiteren Klärung dieser Frage dienen die eigenen Untersuchungen:

Es wurden 21 kariesfreie bleibende Zähne mit einer zentralen PALAKAV-Füllung ohne Unterfüllung versehen. Nach einer Liegezeit von 28 Tagen wurden die Zähne extrahiert und histologisch untersucht.

Als Ergebnis dieser Untersuchung läßt sich feststellen:

- a) 2 Zähne wurden während der Präparation trepaniert,
ihr Ergebnis hat auf die abschließende Bewertung keinen Einfluß.

- b) Die restlichen Zähne wurden nach der Stärke ihrer Reaktionen in zwei Gruppen aufgeteilt:
 - aa) Zähne, deren Reaktionen im physiologischen Bereich lagen (15 Zähne)
 - bb) Zähne, deren Reaktionen im pathologischen Bereich lagen (4 Zähne)
- c) Eine Unterscheidung der Einflüsse des Bohrtraumas und des Kunststoffes ist nicht möglich.
- d) Es besteht daher zumindest der Verdacht, daß das Füllungs-
material PALAKAV für die Pulpenschädigung 1/5 der unter-
suchten Zähne verantwortlich zu machen ist.
- e) PALAKAV kann damit von schädlichen Wirkungen auf die Pulpa
nicht freigesprochen werden.

LITERATURVERZEICHNIS

- (1) BOWEN R.L. : Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues.
(J.Dent.Res. 44 ; 895-1373, 1965)
- (2) CASTAGNOLA: Die Autopolymerisate
(Urban und Schwarzenberg-Wien 1951)
- (3) COY H.D. : Silicate cements and direct filling resins: A comperative study.
(J.Amer.Dent.Ass. 56 ; 848-853, 1958)
- (4) FISCHER C.H. : Klinische und histologische Untersuchungen über die Schädigung der Pulpa durch schnellhärtende Kunststoffe.
(Dtsch.zahnärztl.Z.8; KI56-163, 1953)
- (5) FISCHER, C.H. : Probleme alter und neuer Füllungsmaterialien.
(Dtsch.zahnärztl.Z.14 ; 723, 1959)
- (6) FISCHER, C.H. : Probleme der zahnärztlichen Füllungstherapie in Gegenwart und Zukunft.
(Dtsch.zahnärztl.Z.17; 939-947, 1962)
- (7) FISCHER, C.H. : Der Wert der histologischen Untersuchungen bei der Beurteilung von Auswirkungen bestimmter Behandlungsmethoden auf die Pulpa.
(Dtsch.zahnärztl.Z.23; 702-710, 1968)
- (8) FISCHER, C.H. : Fortschritte in der Zahnerhaltung durch neue Werkstoffe.
(Dtsch.zahnärztl. Z.26; 228-234, 1971)
- (9) GÜLZOW, H.J. : Klinische und histologische Untersuchungen über das Füllungsmaterial P-CADURIT.
(Dtsch.zahnärztl. Z.20; 1100-1106, 1965)
- (10) HERRMANN, D., VIOHL, J. : Klinische Untersuchungen mit einem neuen Kunststofffüllungsmaterial.
(Dtsch.zahnärztl.Z.23; 212-217, 1968)
- (11) HOEFIG, W. : Kurzzeituntersuchungen mit dem Füllungswerkstoff Palakav.
(Dtsch.zahnärztl.Z.25; 281-285, 1970)
- (12) KETTERL, W. : Histologische Befunde an klinisch gesunden, kariesfreien Zähnen mit Füllungen.
(Dtsch.zahnärztl. Z.14; 1437, 1959)
- (13) KÖDEL, G., KOECK, B. : Reaktionen der tierischen und menschlichen Pulpa unter Palakavfüllungen im histologischen Bild.
(Dtsch.zahnärztl.Z.26 ; 253-261, 1971)

- (14) KRAMER, I.R.H.,
MC CLEAN, I.W.: Alterations in the staining reactions of dentine resulting from a constituent of a new selfpolymerizing resin.
(Brit.Dent.J. 93; 150-155, 1952)
- (15) KRAMER, I.R.H.,
LEE, K.W.: The demonstration of glycerophosphoric acid dimethacrylate in dentin and filling material following the use of a cavity sealer.
(J.dent.Res. 39; 1003, 1960)
- (16) KREUDENSTEIN, S.: Karietherapie mit schnellhärtendem Kunststoff.
(Carl Hauser Verlag, München, 1952)
- (17) LANGELAND, K.: Tissue changes in the dental pulp
(Oslo University Press, Oslo, 1957)
- (18) LANGELAND, K.: Biologische Prüfungsverfahren zur Beurteilung zahnärztlicher Materialien.
(Dtsch.zahnärztl.Z. 20; 1291, 1965)
- (19) MAEGLIN, B.: Kunstharzfüllungen und Pulpa.
(Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 62; 712, 1962)
- (20) MASUHARA, E.,
HIRASAWA, T.: A new cavity liner from the copolymer of a filling material suitable for dentin surfaces.
(Inst.Dent.Materials, Tokyo 2; 457, 1963)
- (21) MASUHARA, E.: Über die Chemie eines neuen haftfähigen Kunststofffüllungsmaterials.
(Dtsch.zahnärztl.Z. 24; 620-628, 1969)
- (22) PANTKE, H.: Wann sind die schnellhärtenden Kunststoffe in der Zahnerhaltungskunde indiziert?
(Zahnärztl.Prax. 16; 140, 1965)
- (23) PANTKE, H.: Die Füllung mit Autopolymerisaten.
(Dtsch.zahnärztl.Z. 20; 548-552, 1965)
- (24) RING, A.L.: Die Kunststofffüllung.
(Zahnärztl.Prax. 17; 165-166, 1966)
- (25) SCHRÖDER, A.: Gegenwart und Zukunft auf dem Sektor der plastischen Kavitätenfüllmaterialien.
(Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 80; 944-961)
- (26) STRASSBURG, M.,
KNOLLE, G.: Füllungstherapie mit Palakav.
(Dtsch.zahnärztl.Z. 26; 247-252, 1971)

- (27) VIOHL, J.: Histologische Reaktionen der Hundepulpa auf Füllungen aus Palakav.
(Dtsch. zahnärztl. Z. 25; 379-389, 1970)
- (28) WANNEMACHER, E.: Die Füllungstherapie
(Dtsch. zahnärztl. Z. 20; 514-521, 1965)
- (29) WILSTERMANN, G.: Histologische Untersuchungen über die Reaktion der Pulpa auf Palakav.
(Zahnärztl. Welt/Rdsch. 79; 432-436, 1970)
- (30) STÜBEN, J.: Die Dentinwunde und ihre Versorgung.
(Dtsch. zahnärztl. Z. 20; 529-536, 1965)

Herrn Professor Dr. Dr. W. Ketterl schulde
ich besonderen Dank für die Überlassung des
Themas sowie für die freundliche Unterstützung
der Arbeit mit Rat und Tat.

Zu weiterem Dank bin ich Frl. Helga Wolf (†)
verpflichtet, die mir bei der Anfertigung
der histologischen Schliffe behilflich war.

Lebenslauf

Am 23. August 1940 wurde ich, Jürgen Braun-Himmerich, als Sohn des Kaufmanns Fritz Himmerich und seiner Ehefrau Hildegard, geb. Schleicher in Heidelberg geboren. Vom September 1946 bis September 1951 besuchte ich die Volksschule in Heidelberg-Rohrbach, danach für ein Jahr das Humboldt-Gymnasium und anschließend für zwei Jahre das Bunsenrealgymnasium in Heidelberg. Wegen des Umzuges meiner Eltern nach Nierstein wechselte ich im Jahre 1954 auf das Aufbaugymnasium in Alzey über, wo ich im März 1960 die Reifeprüfung ablegte. Nach einem Jahr Bundeswehr begann ich im Sommersemester 1961 mit dem Studium der Zahnheilkunde an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz, wo ich nach dem Wintersemester 1963/64 das Physikum und am 14. April 1967 das Staatsexamen mit Erfolg ablegte.

Von Mai 1967 bis August 1968 arbeitete ich als Assistenzzahnarzt in einer freien Praxis in Guntersblum, danach trat ich in die Praxis meines Stiefvaters, Herrn Leopold Braun, Nierstein, zunächst als Assistent und ab August 1969 als Teilhaber ein.

Am 15. April 1967 heiratete ich in Heidelberg meine Frau Christa, geb. Braun, die bis zu dieser Zeit als Zahnarzthelferin arbeitete.

Am 14. Januar 1969 wurde ich von meinem Stiefvater, Herrn Braun adoptiert und trage seit diesem Zeitpunkt den Doppelnamen Braun-Himmerich.

